

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 «Техносферная безопасность»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Безопасность технологических процессов и производств

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Моделирование и прогнозирование опасных ситуаций
технологического процесса»

Обучающийся

Ф.Х. Пахлавонбекова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.б.н., доцент Н.Г. Шерышева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

О.А. Головач

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Тема бакалаврской работы «Моделирование и прогнозирование опасных ситуаций технологического процесса».

В первом разделе проведен анализ нормативных требований в области обеспечения промышленной безопасности и оценка риска возникновения опасных ситуаций технологического процесса.

Во втором разделе проведен анализ безопасности технологического процесса на предприятии.

В третьем разделе разработаны технические предложения моделирования и прогнозирования опасных ситуаций технологического процесса.

В четвертом разделе составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест и проведена их идентификация. По выявленному высокому уровню риска предложены мероприятия с целью их устранить.

В пятом разделе описана антропогенная нагрузка на окружающую среду промышленного предприятия и оформлены результаты ПЭК.

В шестом разделе описаны вероятные аварии и ЧС на промышленном предприятии, разработаны основные мероприятия по предупреждению и ликвидации идентифицируемых ЧС.

В седьмом разделе выполнен расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Abstract

The topic of the bachelor's thesis is «Modeling and forecasting of dangerous situations of the technological process».

The first section analyzes the regulatory requirements in the field of industrial safety and assesses the risk of hazardous process situations.

In the second section, an analysis of the safety of the technological process at the enterprise is carried out.

In the third section, technical proposals for modeling and forecasting dangerous situations of the technological process have been developed.

In the fourth section, a register of occupational risks for workplaces has been compiled and their identification has been carried out. According to the identified high level of risk, measures are proposed to eliminate them.

The fifth section describes the anthropogenic impact on the environment of an industrial enterprise and formalizes the results of the industrial environmental control.

The sixth section describes probable accidents and emergencies at an industrial enterprise, and develops basic measures to prevent and eliminate identifiable emergencies.

In the seventh section, the effectiveness of the proposed measures to ensure technosphere safety is calculated.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 5 |
| Термины и определения | 7 |
| Перечень сокращений и обозначений..... | 8 |
| 1 Анализ нормативных требований в области обеспечения промышленной безопасности. Оценка риска возникновения опасных ситуаций технологического процесса..... | 10 |
| 2 Анализ безопасности технологического процесса на предприятии | 15 |
| 3 Моделирование и прогнозирование опасных ситуаций технологического процесса..... | 22 |
| 4 Охрана труда..... | 32 |
| 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность | 38 |
| 6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях | 42 |
| 7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности | 48 |
| Заключение | 58 |
| Список используемой литературы | 60 |

Введение

Актуальность прогнозирования опасных ситуаций технологического процесса обусловлена необходимостью обеспечения безопасности работников, населения и потенциально опасных объектов в условиях техногенных, природных и террористических угроз. Это особенно важно в современных условиях производства в России, характеризующихся повышенным износом основных фондов и возрастанием внешних угроз антропогенного, природного и техногенного характера. К опасным ситуациям технологического процесса относят состояния, при которых с определённой вероятностью возникает и развивается аварийная ситуация с негативным воздействием на людей и материальные ценности. Опасные ситуации связаны чаще всего с дефектами оборудования, внезапными или приобретенными. Соответственно, необходимо оборудование на основе искусственного интеллекта, которое способно проводить удаленный мониторинг и прогнозирование возможных неполадок, которые повлекут за собой аварийную ситуацию. Моделирование и прогнозирование опасных ситуаций технологического процесса необходимо для прогнозирования прямых и косвенных последствий воздействия на объект.

В связи с этим тема бакалаврской работы «Моделирование и прогнозирование опасных ситуаций технологического процесса», актуальна.

Объект работы – процесс обеспечения безопасности технологических процессов промышленных предприятий.

Предмет – способы прогнозирования опасных ситуаций технологического процесса.

Цель работы – разработать технические предложения моделирования и прогнозирования опасных ситуаций технологического процесса.

Задачи бакалаврской работы:

- провести анализ нормативных требований в области обеспечения промышленной безопасности и оценка риска возникновения опасных ситуаций технологического процесса;
- провести анализ безопасности технологического процесса на предприятии;
- разработать технические предложения моделирования и прогнозирования опасных ситуаций технологического процесса;
- составить реестр профессиональных рисков для рабочих мест и провести их идентификацию (по выявленному высокому уровню риска предложены мероприятия с целью их устранить);
- описать антропогенную нагрузку на окружающую среду и оформить результаты ПЭК;
- описать вероятные аварии и ЧС на промышленном предприятии, разработать основные мероприятия по предупреждению и ликвидации идентифицируемых ЧС;
- выполнить расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Термины и определения

Бутилкаучук – синтетический каучук, сополимер изобутилена с изопреном.

Опасные ситуации технологического процесса – состояния, при которых с определённой вероятностью возникает и развивается аварийная ситуация с негативным воздействием на людей и материальные ценности.

Перечень сокращений и обозначений

АББ – анализ барьера безопасности.

АВПО – анализ вида и последствий отказов.

АСС – аварийно- спасательная служба.

АСУ ТП – автоматическая система управления технологическим процессом.

ГЖ – горючая жидкость.

ГОЧС – орган управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям.

ДДС – дежурно-диспетчерская служба.

КЧС – комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности.

ЛВС – локальная вычислительная сеть.

ОПО – опасный производственный объект.

ОРО – объекты размещения отходов.

ПАВ – поверхностно-активные вещества.

ПВР – пункт временного размещения.

ПДВ – предельно-допустимые выбросы.

ПЭК – производственный экологический контроль.

РСЧС – единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

СМИ – средства массовой информации.

СМИС – система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений.

СПиУИД – система прогнозирования развития зарождающихся дефектов и их удаленной идентификации.

СПиУМ – система прогностики и удаленного мониторинга.

РФ – Российская Федерация.

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

ТВС – топливно-воздушная смесь.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

1 Анализ нормативных требований в области обеспечения промышленной безопасности. Оценка риска возникновения опасных ситуаций технологического процесса

Правовое регулирование промышленной безопасности регламентировано рядом нормативно-правовых актов:

- «Федеральный закон № 116-ФЗ от 21 июля 1997 г. регламентирует нормы и правила промышленной безопасности ОПО» [4].
- цели, принципы и приоритетные направления государственной политики в области промышленной безопасности на период до 2025 года представлена в Указе Президента РФ от 06.05.2018 № 198 [8];
- «Постановлением Правительства РФ от 28.03.2001 № 241 утверждены меры по обеспечению промышленной безопасности производственных объектов на территории РФ» [3].
- «правила организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности утверждены в Постановлении Правительства РФ от 18.12.2020 № 2168» [7].
- «Постановлением Правительства РФ от 17.08.2020 № 1243 утверждены требования к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью» [16].

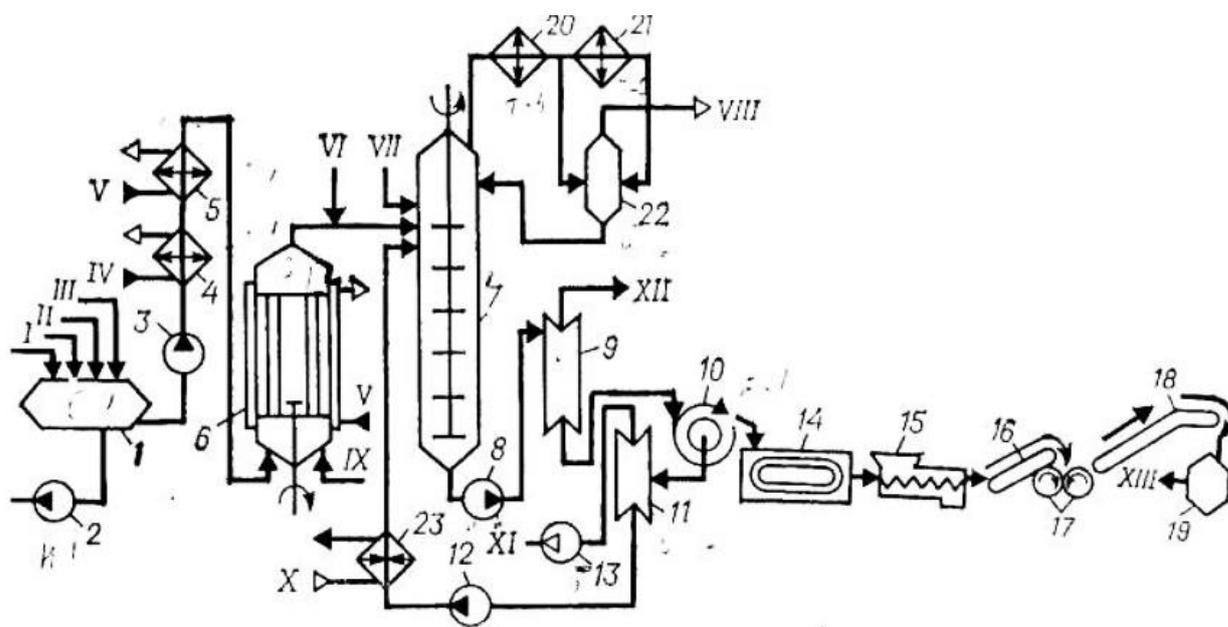
В зависимости от отрасли предприятия существуют также отдельные нормы и правила промышленной безопасности на конкретные виды работ.

В задании указано рассмотреть технологический процесс производства каучука. Производство каучука в г. Тольятти осуществляет ООО «Тольяттикаучук» и располагается по адресу: ул. Новозаводская, д. 8 [20].

ООО «Тольяттикаучук» относится к объектам первого класса опасности. «Основная деятельность предприятия – производство синтетических каучуков различных марок, который является сырьем для шин и резинотехнических изделий. В структуре предприятия - 6 основных производств по выпуску

синтетических каучуков, мономеров и промежуточных продуктов и 2 вспомогательных производства по обеспечению энергоресурсами и ремонту оборудования» [20].

Основной продукцией «Тольяттикаучук» являются синтетические каучуки различных марок: бутадиен-стирольный каучук; изопреновый каучук, бутилкаучук. Рассмотрим технологический процесс получения бутилкаучука (рисунок 1).



1 – емкость для приготовления шихты; 2, 3, 8, 12 – насосы; 4, 5 – холодильник; 6 – полимеризатор; 7 – дегазатор; 9 – вакуумный дегазатор; 10 – вакуум-фильтр; 11 – вакуум-ресивер; 13 – вакуум-насос; 14 – сушилка; 15 – шприц-машина; 16 – конвейер; 17 – вальцы; 18 – охлаждающий конвейер; 19 – брикетировочная машина; 20, 21 – конденсаторы; 22 – сепаратор; 23 – подогреватель.

Рисунок 1 – Технологический процесс получения бутилкаучука

Технологический процесс получения бутилкаучука включает следующие основные стадии:

- приготовление катализаторного раствора или каталитического комплекса;
- приготовление шихты;

- сополимеризация;
- водная дегазация;
- выделение, сушка и упаковка каучука.

Процесс обычно проводится в растворе или суспензии, в качестве которых используются метил- или этилхлорид и алифатические растворители, такие как изопентан. Оборудование, используемое в процессе получения бутилкаучука: реакторы для полимеризации, насосы для подачи мономеров и катализатора, теплообменники для нагрева и охлаждения реакционной смеси, мерники для дозирования компонентов, фильтры для удаления загрязнений, червячные или конвейерные сушилки для высушивания продукта полимеризации, брикетировочные машины для упаковки готового бутилкаучука [20].

ООО «Тольяттикаучук» является химически опасным объектом. Приказ Ростехнадзора от 07.12.2020 № 500 утверждает правила безопасности химически опасных производственных объектов [17].

Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств регламентирует Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 [18].

«В процессе обработки химических веществ эксплуатируется оборудование, работающее под давлением. В приказе Ростехнадзора от 15.12.2020 № 536 утверждены правила промышленной безопасности» при эксплуатации данного оборудования [19].

Для обеспечения безопасности технологического процесса необходимо прогнозирование вероятных аварийных ситуаций с целью выявления вероятных рисков и готовности персонала для предотвращения либо ликвидации ЧС. Анализ моделей и методов оценки опасных ситуаций включает рассмотрение различных подходов и инструментов для определения и прогнозирования потенциальных опасностей и рисков на производстве. Вот некоторые из них:

- методика HAZID или метод проверочного листа («Check-List») – «что будет, если». Предполагает формирование перечня вопросов и ответов, отражающих экспертную оценку того, что может произойти в случае, если будет реализован тот или иной вид техногенных процессов, сверхрасчетных нагрузок, природных воздействий и/или если произойдет, то или иное опасное событие, способное спровоцировать аварию на ОПО;
- метод идентификации опасностей (HAZard Identification или «РНА» - Preliminary Hazard Analysis). Представляет собой качественный метод предварительной идентификации и анализа основных технических опасностей, возможных причин опасных факторов и событий, которые способны причинить ущерб технологической системе ОПО в целом и его составным частям, планируемых мер безопасности;
- метод HAZOP или метод анализа опасности и работоспособности. Наиболее распространенный качественный метод идентификации и оценки рисков на ОПО. Представляет собой целенаправленный поиск группой экспертов ошибок в проекте, опасных факторов, событий и состояний, способных воздействовать на безопасность объекта, персонала и окружающей среды;
- метод FTA или метод анализа дерева отказов. Структурированный дедуктивный иерархически организованный метод анализа разработки и эксплуатации системы;
- метод ETA или метод анализа дерева событий. используется для анализа последствий функционирования или выхода из строя систем при условии, что произошло событие;
- метод АББ или метод анализа барьеров безопасности применяется в целях качественного или количественного обоснования и оценки эффективности мер безопасности;

- количественная оценка риска аварий. Процесс расчета показателей риска предлагается в Письме Ростехнадзора от 25.07.2016 № 14-00-10/1368 [5];
- метод АВПО или метод анализа вида и последствий отказов. Формализованная, контролируемая процедура качественного анализа отказов разного вида в прослеживании причинно-следственных связей, обуславливающих их возникновение, и возможных последствий этих отказов.

Для создания универсального комплексного подхода необходимо разделить методы на стадии, наиболее подходящие конкретному производству, выявить задачи, решаемые на каждой стадии, провести сравнительный анализ между стадиями и определить идентичные по смыслу стадии, присущие каждому методу.

Выводы: в разделе представлен анализ правового регулирования по обеспечению промышленной безопасности на выбранном объекте. Представлена краткая характеристика объекта ООО «Тольяттикаучук», его виды хозяйственной деятельности. Выявлено, что объект носит к первой категории опасности. Рассмотрен технологический процесс получения бутилкаучука, описано используемое оборудование и материалы. Для обеспечения безопасности технологического процесса необходимо прогнозирование вероятных аварийных ситуаций с целью выявления вероятных рисков и готовности персонала для предотвращения либо ликвидации ЧС. С этой целью в разделе проведен анализ моделей и методов оценки опасных ситуаций

2 Анализ безопасности технологического процесса на предприятии

Сценарии аварийных ситуаций на стадии получения каучука могут включать:

- взрыв или пожар в реакторе или трубопроводе из-за нарушения технологического процесса или неисправности оборудования;
- утечка или разлив опасных веществ, таких как изопрен, изобутилен или метилхлорид, что может привести к загрязнению окружающей среды и отравлению персонала;
- отказ системы контроля и управления процессом, что может вызвать неконтролируемое протекание реакции;
- механические повреждения оборудования, вызванные неправильной эксплуатацией или износом, что может привести к утечкам или авариям;
- человеческий фактор, ошибки операторов, нарушение правил техники безопасности или недостаточная подготовка персонала, что может привести к аварийным ситуациям.

Несчастные случаи при производстве каучука включают аварии, связанные с нарушением правил безопасности на взрывоопасных объектах, отсутствием герметичности арматуры, наличием источников зажигания и возгоранием горючих сред. В результате таких происшествий могут погибнуть люди, а также произойти повреждение оборудования, эстакад и бетонных конструкций.

На рисунке 2 представлена статистика аварийных ситуаций на стадии получения каучука на производствах РФ. На рисунке 3 статистика несчастных случаев, произошедших с работниками, участвующими в производстве каучука.

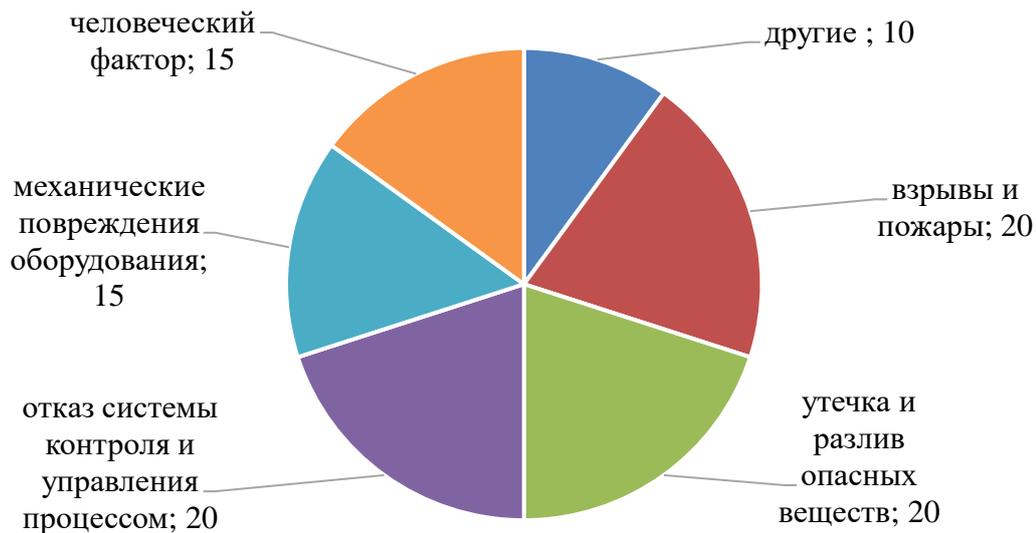


Рисунок 2 – Виды аварийных ситуаций на стадии получения каучука на производствах РФ, %

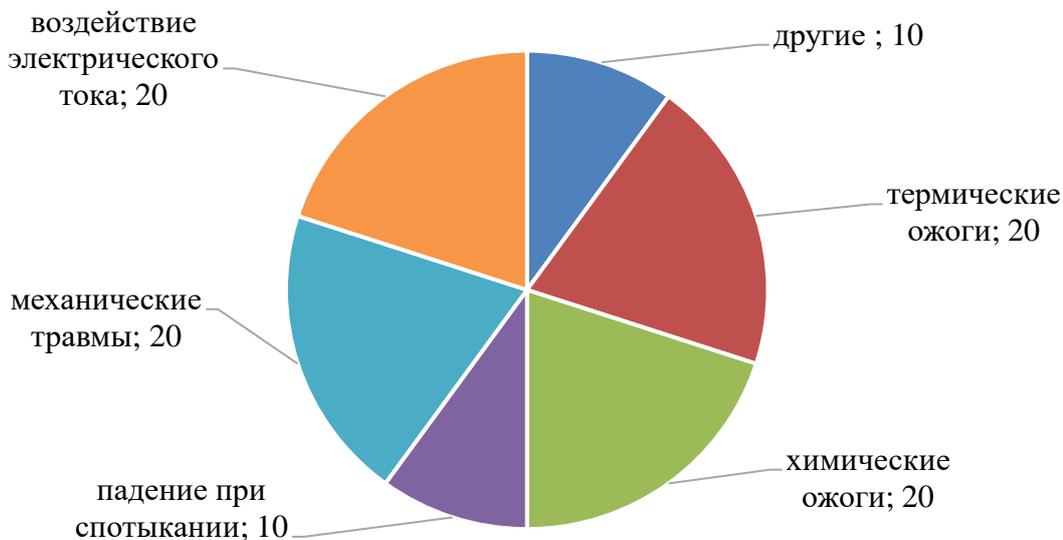


Рисунок 3 – Виды несчастных случаев, произошедших с работниками, участвующими в производстве каучука на производствах РФ, %

Причины возникновения инцидентов на стадии производства каучука представлены на рисунке 4.

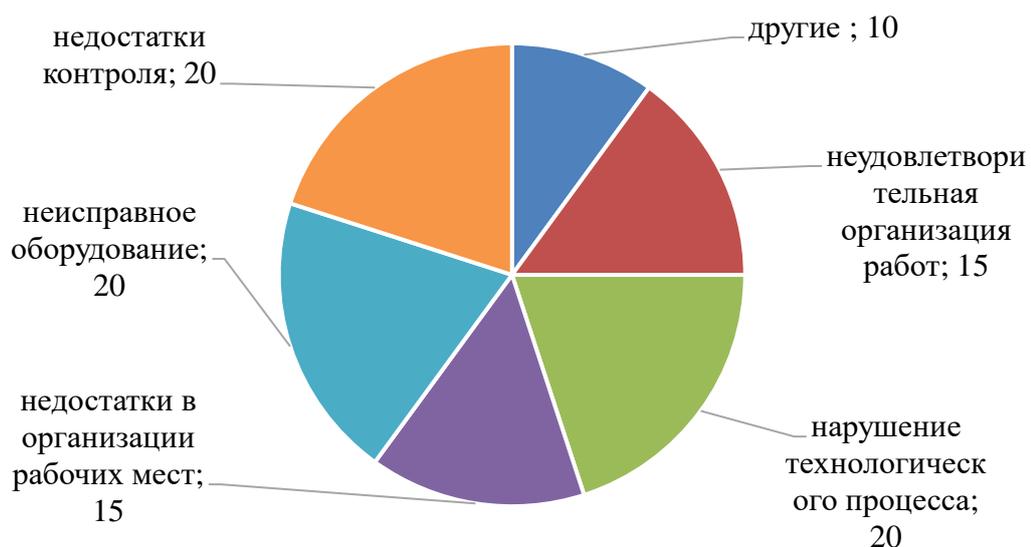


Рисунок 4 – Причины возникновения инцидентов на стадии производства каучука, %

Факторы возникновения опасных ситуаций на предприятии представлены на рисунке 5.

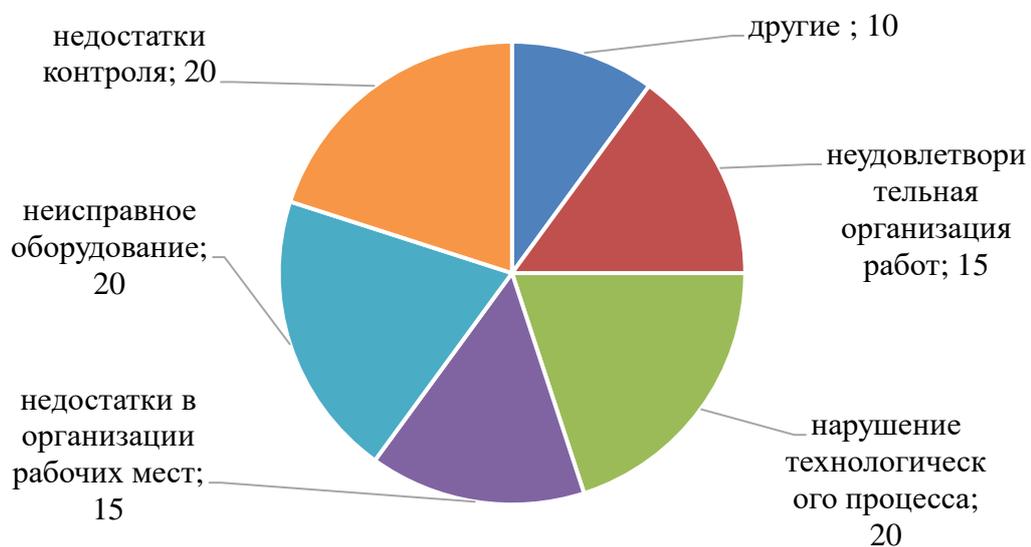


Рисунок 5 – Факторы возникновения опасных ситуаций на предприятии каучука, %

Основные причины аварий и инцидентов на производстве каучука включают: «отсутствие герметичности арматуры на смонтированном участке трубопровода, наличие источников зажигания внутри каре ёмкостного парка, неудовлетворительная организация приёмки выполненных работ после монтажа оборудования, нарушение порядка безопасного ввода в эксплуатацию ёмкости после монтажа, неэффективность производственного контроля» [25].

Поскольку практика проходила в НТЦ «Промышленная безопасность», входящее в структуру Института инженерной и экологической безопасности, непосредственно на предприятии ООО «Тольяттикаучук» информация не была собрана. Статистическая и иная информация собрана из открытых интернет-источников. В 2012 году произошел пожар на ООО «Тольяттикаучук», в цехе Д-1, где горел трубопровод на технологической эстакаде и переходный пункт трансформаторной подстанции на общей площади 50 кв. м. Крупная авария на предприятии произошла в 2015 году. В здании факельного хозяйства в аппаратной произошел хлопок углеводорода. В аппаратной находились три человека. Кирпичное здание частично обрушилось. Площадь возгорания составила 80 кв. м.

Статистика несчастных случаев на объекте представлена на рисунке 6.

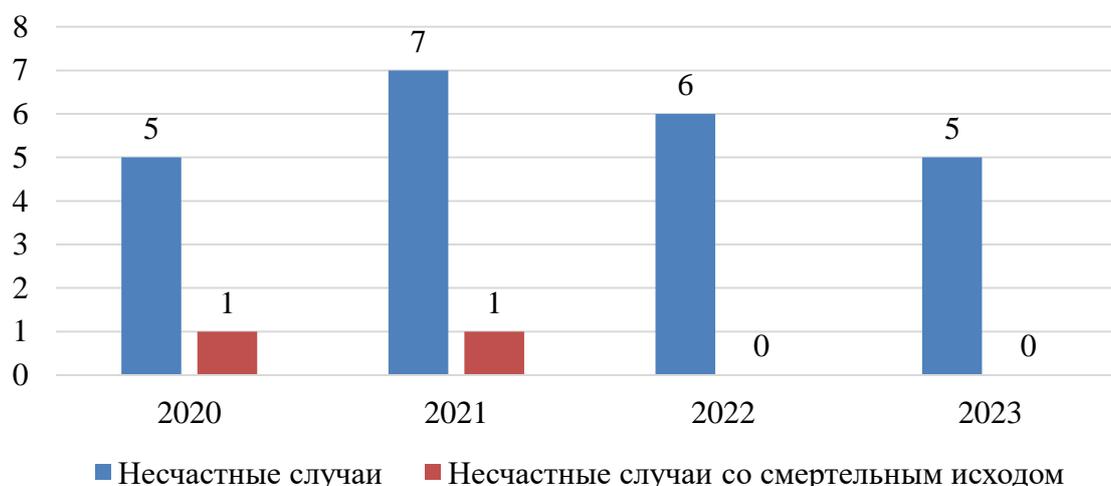


Рисунок 6 – Статистика несчастных случаев на объекте, %

Для расчета степени тяжести и частоты травматизма оформим таблицу с данными.

Таблица 1 – Данные для расчета степени тяжести и частоты травматизма

| Наименование | Обозначение | Показатель | |
|--|-----------------|------------|------|
| | | 2022 | 2023 |
| Среднесписочное количество работников, чел. | ССЧ | 1500 | 1500 |
| Число пострадавших от несчастных случаев, кол-во | Ч _{нс} | 6 | 5 |
| Количество дней нетрудоспособности в связи с несчастными случаями, дн. | Д _{нс} | 60 | 50 |

Рассчитаем коэффициент частоты травматизма.

$$K_{\text{ч}} = \frac{\text{Ч}_{\text{нс}} \cdot 1000}{\text{ССЧ}}, \quad (1)$$

$$K_{\text{ч1}} = \frac{6 \cdot 1000}{1500} = 4$$

$$K_{\text{ч2}} = \frac{5 \cdot 1000}{1500} = 3,3,$$

«Рассчитаем коэффициент тяжести травматизма» [24]:

$$K_{\text{т}} = \frac{D_{\text{нс}}}{\text{Ч}_{\text{нс}}}, \quad (2)$$

$$K_{\text{т1}} = \frac{60}{6} = 6$$

$$K_{\text{т2}} = \frac{50}{10} = 5$$

«Изменение коэффициента частоты травматизма ($\Delta K_{\text{ч}}$)» [24]:

$$\Delta K_{\text{ч}} = 100 - \frac{K_{\text{ч}2}}{K_{\text{ч}1}} \cdot 100, \quad (3)$$

$$\Delta K_{\text{ч}} = 100 - \frac{3,3}{4} \cdot 100 = 17,5.$$

«Изменение коэффициента тяжести травматизма ($\Delta K_{\text{т}}$)» [24]:

$$\Delta K_{\text{т}} = 100 - \frac{K_{\text{т}2}}{K_{\text{т}1}} \cdot 100, \quad (4)$$

$$\Delta K_{\text{т}} = 100 - \frac{5}{6} \cdot 100 = 16,7.$$

Построим сравнительные диаграммы травматизма (рисунок 7).

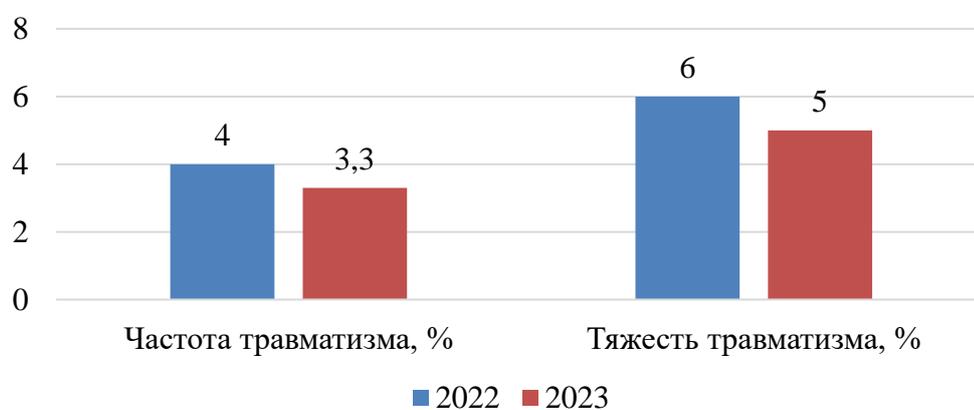


Рисунок 7– Сравнительные диаграммы степени тяжести и частоты травматизма, %

На рисунке 8 представлена динамика изменения коэффициента частоты и тяжести травматизма.

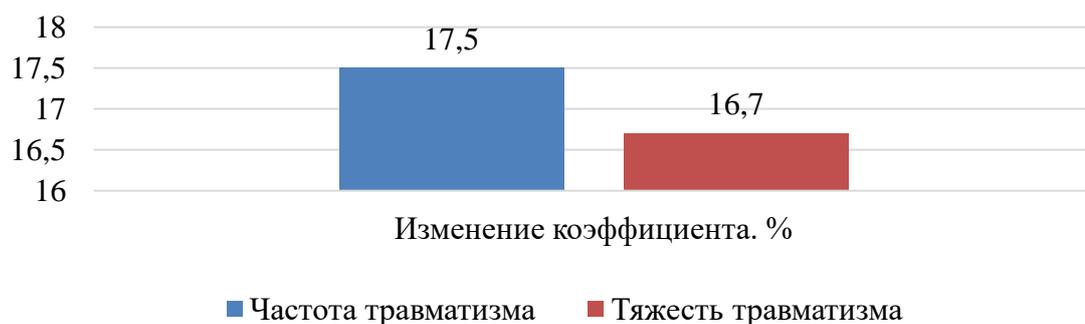


Рисунок 8 – Динамика частоты и тяжести травматизма

Анализируя данные, делаем вывод о снижении степени частоты и тяжести травматизма.

Выводы: в разделе проведен анализ сценариев аварийных ситуаций и травматизма на стадии получения каучука. Приведены статистические данные об авариях и указаны основные причины аварий и инцидентов на предприятии. Установлены причины и факторы возникновения опасных ситуаций на предприятии. Выявлены виды аварий и травматизма. Произведен расчет степени и частоты травматизма, а также показана динамика.

3 Моделирование и прогнозирование опасных ситуаций технологического процесса

Для технологического процесса получения бутилкаучука составим матрицу рисков (таблица 2).

Таблица 2 – Матрица рисков

| Возможность | Последствия | | | | | Иерархия контроля риска |
|-------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|-----------------------|--|
| | 1 Маловажные | 2 Небольшое | 3 Среднее | 4 Большое | 5 Катастрофическая | |
| А Обязательно | Б | Б | Э | Э | Э | «устранение – необходимо производить в первую очередь» [26]. |
| В Очень часто | С | Б | Б | Э | Э | «замещение менее опасным риском, процессом, химическим веществом» [26]. |
| С Часто | М | С | Б | Э | Э | «технологический контроль, связанный с лабораторными измерениями параметров» [26]. |
| Д Маловероятно | М | М | С | Б | Э | «административный контроль, уменьшающий риск, внедрение инструкции» [26]. |
| Е редко | М | М | С | Б | Б | «кратковременный контроль риска и использования СИЗ» [26]. |

Приведем пояснения к матрице:

- «Э – экстремальный (очень серьезный риск), необходимы незамедлительные действия, специалисту по охране труда необходимо разработать детальный план по его устранению;
- Б – большой риск – необходимо уделить особое внимание, разработать превентивные меры для уменьшения риска и внедрить их в кратчайшие сроки;

- С – средний риск – необходимо уделять должное внимание мероприятиям по управлению риском, необходимо установить параметры риска, используя тестовую лабораторию;
- М – малый риск – необходимы стандартные процедуры по охране труда» [26].

Разработаем реестр опасных ситуаций, которые могут возникнуть при реализации риска (таблица 3).

| Риск | Вид деятельности, стадия процесса | Фактор риска | Возможность | Последствия |
|--|---|--------------|-------------|-------------|
| «травмирование в результате движущихся частей производственного оборудования» [21]. | упаковка каучука | Б | D | 4 |
| «травмирование в результате падения твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [21]. | водная дегазация | С | Е | 4 |
| «травмирование в результате падения работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность» [21]. | в течение смены | М | Е | 4 |
| «струи жидкости, воздействующие на организм работающего при соприкосновении с ним» [21]. | сополимеризация | С | D | 5 |
| «термические ожоги» [21]. | водная дегазация, выделение, сушка каучука | Б | С | 5 |
| «химические ожоги» [21]. | приготовление катализаторного раствора или каталитического комплекса, приготовление шихты | Б | С | 5 |

Продолжение таблицы 3

| Риск | Вид деятельности, стадия процесса | Фактор риска | Возможность | Последствия |
|--|---|--------------|-------------|-------------|
| «отравление в результате загрязнения воздушной среды в зоне дыхания» [21]. | приготовление катализаторного раствора или каталитического комплекса, приготовление шихты | Б | С | 5 |
| «травмирование в результате воздействия электрического тока» [21]. | в течение смены | С | Д | 5 |
| разгерметизация оборудования | при выполнении этапов технологического процесса | Э | Д | 5 |
| утечка химически опасных веществ | при выполнении этапов технологического процесса | Э | Д | 5 |
| взрывы, пожары | при выполнении этапов технологического процесса | Э | С | 5 |
| отказ системы контроля и управления производством | при выполнении этапов технологического процесса | Э | С | 5 |
| аварийная ситуация в результате механического повреждения оборудования | при выполнении этапов технологического процесса | Э | Д | 5 |

Рассмотрим 5 опасных ситуаций с экстремальным фактором и смоделируем несколько исходов развития опасной ситуации.

Разгерметизация оборудования может привести к выбросу опасных веществ, загрязнению окружающей среды, пожарам и взрывам. Схемы (С) развития типовых сценариев аварий включают:

- выброс опасных веществ без возгорания (С1);
- пожар разлива ГЖ на открытой площадке (С2);

- взрыв ТВС в открытом пространстве (С3).
- сгорание облака ТВС без образования избыточного давления (С4);
- пожар в ограниченном пространстве (С5);
- взрыв ТВС в замкнутом пространстве (С6)» [29].

Утечка химически опасных веществ может привести к следующим сценариям ситуаций:

- отравление работников (С1);
- возникновение пожаров и взрывов (С2);
- загрязнение воздуха, воды и почвы, экологические бедствия (С3).

Сценарии развития пожара и взрыва могут быть разными и «зависят от множества факторов, включая источник зажигания, свойства горючей жидкости, конструктивные особенности резервуара и наличие взрывоопасных концентраций внутри и снаружи резервуара» [28]. Вот некоторые возможные сценарии:

- «факельное горение на дыхательной арматуре, местах соединения пенных камер со стенками резервуара или других отверстиях в крыше или стенке резервуара при концентрации паров нефтепродукта выше верхнего концентрационного предела распространения пламени (С1);
- образование локальных очагов горения (С2);
- перелив хранимого продукта, нарушение герметичности резервуара, задвижек или фланцевых соединений (С3)» [28].

Возможные сценарии аварий при отказе системы контроля и управления производством включают:

- пожар или возгорание (С1);
- аварии, связанные с выходом из строя электрооборудования (С2);
- аварии, связанные с выбросом опасных веществ (С3).

Сценарии аварийной ситуации в результате механического повреждения оборудования могут включать:

- повреждение изоляции, увлажнение, тепловой износ (С1);
- неправильная настройка и регулировка устройств релейной защиты и автоматики (С2);
- повреждение цепей управления, устройств защиты, автоматики и телемеханики (С3);
- старение и износ изоляционных и конструктивных материалов (коррозия, загнивание и т. п.) (С4).

Таким образом, разработанная матрица, реестр рисков и сценарный план развития ситуаций позволит спрогнозировать и смоделировать вероятные ЧС на производстве получения бутилкаучука.

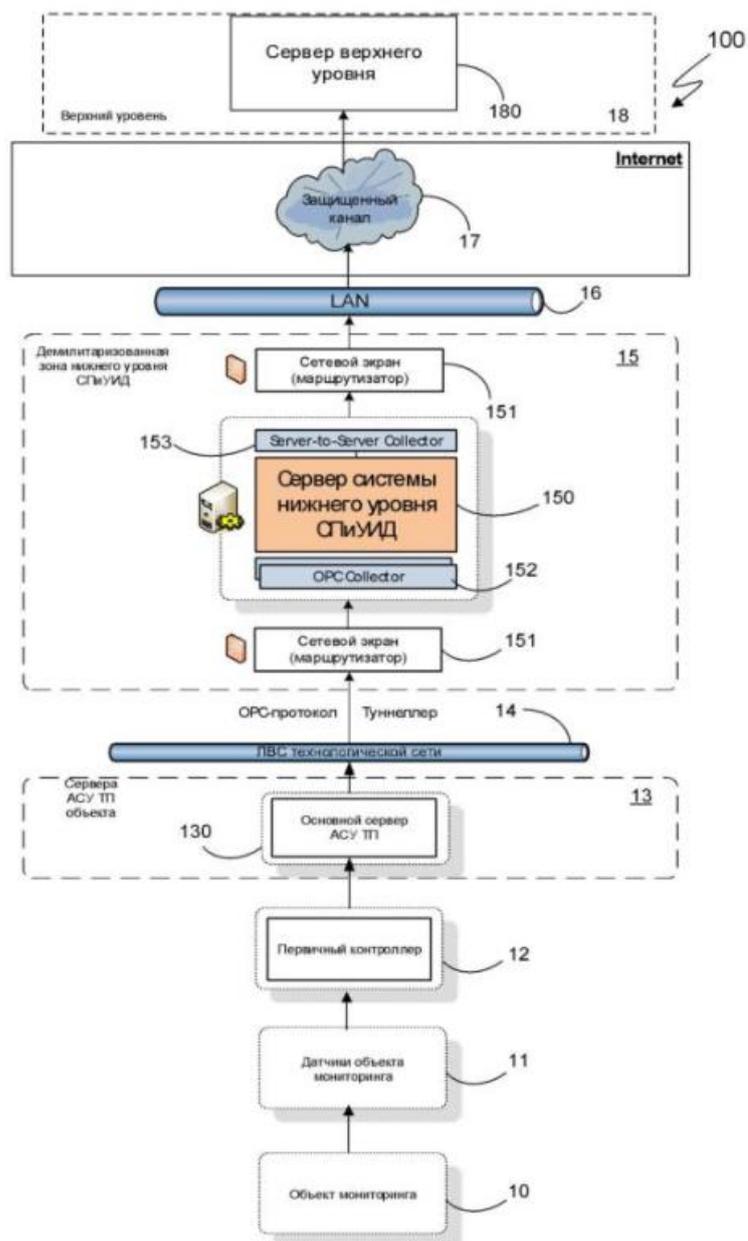
Опасные ситуации связаны чаще всего с дефектами оборудования, внезапными или приобретенными. Соответственно, «необходимо оборудование на основе искусственного интеллекта, которое способно проводить удаленный мониторинг и прогнозирование возможных неполадок, которые повлекут за собой аварийную ситуацию. Отечественное предприятие АО «РОТЕК» предлагает систему удалённой идентификации и прогнозирования развития зарождающихся дефектов объектов» [2].

«Изобретение относится к системе прогностики и удаленного мониторинга (СПиУМ), а также искусственного интеллекта и применяющегося в ней способа для автоматической идентификации и прогнозирования развития зарождающихся дефектов технологических объектов, относящихся к их оборудованию» [2].

Способов прогнозирования и моделирования ситуаций, связанных с дефектами оборудования несколько. Например, «существует способ использования нейронной сети для прогнозирования контроля, который основан на обучении нейронной сети фрагментами информации процесса. Обучение проходит в режиме реального времени при помощи специального программного обеспечения, что позволяет скорректировать прогнозы и обеспечивает операционную стабильность. У существующего способа имеются недостатки, заключающиеся в том, что ведение прогнозирования в

реальном времени происходит без учета имеющихся ранее данных, что не позволяет быстро и точно определить возможное нарушение работы объекта в будущем. Способ наблюдения за промышленным процессом включают в себя множество датчиков, контролирующих параметры промышленного процесса, устройства для преобразования воспринимаемых данных в совместимую с компьютером информацию и компьютер, который выполняет компьютерное программное обеспечение, предназначенное для анализа данных датчика, для выявления статистически достоверных условий тревоги. Компьютерное программное обеспечение обеспечивает удаление информации о последовательной корреляции, а затем вычисление данных распределения для расчета коэффициента вероятности определения условий тревоги. Существует также способ и система наблюдения за переходными сигналами промышленного устройства для определения рабочего состояния, которые включают в себя этапы считывания данных обучения памяти, определения весовых значений нейронной сети до достижения целевых выходов, близких к выходу нейронной сети. Если целевые выходы неадекватны, параметры определяются так, что выход нейронной сети приближается к требуемому набору целевых выходов, а затем предоставляет сигналы, характерные для промышленного процесса, и сравнивает выход нейронной сети с сигналами промышленного процесса для оценки рабочего состояния промышленного процесса. Недостатком данного решения является отсутствие возможности автоматической идентификации зарождающегося дефекта и прогнозирования его развития» [2].

На рисунке 9 представлена архитектура СПиУИД. «Данные показателей технологического состояния, получаемые от датчиков (11) объекта контроля (10) передаются в единый архив сервера верхнего уровня СПиУИД» [2].



10 – объект мониторинга, 11 – датчики, 12 – первичные контроллеры, 13 – сервер АСУ ТП, 14 – технологическая сеть, 15 – система нижнего уровня, 16 – ЛВС, 17 – защищенный канал передачи данных, 18 – система верхнего уровня.

Рисунок 9 – архитектура СПиУИД

«Передача данных на сервер верхнего уровня осуществляется с помощью ЛВС (16), например, глобальной сети Интернет. Для передачи данной информации может использоваться защищенный канал передачи данных (17) ЛВС (16), который обеспечивает передачу данных в режиме

реального времени без потери качества, используя процедуру синхронизации серверов нижнего (15) и верхнего уровней (18). Кроме того, получение данных в полном объеме на сервере верхнего уровня обеспечивает возможность подробного анализа технического состояния объекта специалистами, работающими с системой верхнего уровня (18), что дает возможность контролировать техническое состояние всех объектов мониторинга (10) силами этих специалистов. Сервер верхнего уровня (180) настроен на аналитическую обработку данных в режиме онлайн, автоматически осуществляемую средствами эмпирического моделирования. Эмпирические модели строятся статистическими методами на базе выборки значений технологических параметров объекта за период работы, принимаемый в качестве эталонного. Для построения эмпирических моделей могут применяться различные методы моделирования, например, MSET (Multivariate State Estimation Technique), ядерная регрессия (Kernel Regression), ядерное сглаживание, опорные вектора (Support Vector Machine - SVM), моделирования на основе подобия (Similarity Based Modeling - SBM), нейронные сети, алгоритм нечеткой логики, главных компонент, бустинга деревьев и т.п.» [2].

«Для автоматизации анализа возникающих проблем производится фиксация обнаруженных отклонений, принятых мер и результатов. Такого рода статистика позволяет создавать правила для выявления узлов и деталей, с которыми ожидаются в дальнейшем проблемы. Методы статистического моделирования дают возможность рассчитать предельное значение для заданного уровня достоверности. Если значение не превосходит это предельное значение, принимается решение о соответствии полученных параметров поведению объекта в эталонный период. Если же предельное значение превышено, считается, что полученный набор параметров не соответствует поведению объекта в эталонный период. В этом случае ранжирование разладок указывает на параметры, поведение которых вносит наибольший вклад в обнаруженные изменения технического состояния

объекта контроля. В основе решения распознавания дефектов (классификации возможного дефекта по определенным аномалиям) используются нейронные сети. Основная проблема заключается в выборе структуры сети, наиболее подходящей для объекта (точность, вычислительные мощности и т.д.). Наиболее предпочтительно использовать структуры по типу многослойного персептрона или его ближайших вариаций» [2].

«Метод моделирования с помощью нейронных сетей основан на построении математических конструкций, представляющих организацию нейронов и связей между ними как в нервной системе у живых существ. Элементом такой конструкции является единичный нейрон, который характеризуется несколькими входами и одним выходом. На вход подаются сигналы, которые суммируются с заданными числовыми весами. Если результат превышает заданное для данного нейрона пороговое значение, на выходе формируется сигнал 1, иначе - 0. Эти элементы связываются друг с другом таким образом, что выходы некоторых из них подаются на входы одного из аналогичных элементов. Полученную конструкцию можно разбить на слои. На входы нейронов самого первого слоя подаются входные сигналы. Результаты работы нейронной сети получаются на выходах нейронов последнего слоя. Нейронные сети различаются количеством нейронов, структурой их соединений, весами для входных сигналов каждого нейрона» [27].

«По архивным данным работы объекта проводится процедура настройки нейронной сети - ее обучение. В результате обучения создается модель объекта, задающая связи между моделируемыми технологическими параметрами и параметрами-аргументами. Эта процедура повышает ценность архивных данных. Каждому входному набору данных нейронной сети на выходе соответствует набор вероятностей, принадлежащих тому или иному типу дефекта, что и требуется для целей работы системы по своевременному выявлению наступления критических событий» [25].

«Уведомление о наступлении критического состояния или необходимости проверки каких-либо элементов объекта мониторинга (10), которые в будущем могут привести к падению мощности работы объекта (10) или выхода его из строя, может направляться на устройства до тех пор, пока сервер (180) в ответ на рассылаемые уведомления не получит сообщение о том, что уведомление было просмотрено пользователем. Статус может быть привязан к изменению состояния параметра уведомления на сервере, который может представлять собой запись в базе данных отметки о получении ответного сообщения от устройства пользователя» [2].

Выводы: в разделе составлена матрица рисков для техпроцесса получения бутилкаучука. Разработан реестр опасных ситуаций, которые могут возникнуть при реализации риска. Смоделированы несколько исходов развития опасной ситуации. Таким образом, разработанная матрица, реестр рисков и сценарный план развития ситуаций позволит спрогнозировать и смоделировать вероятные ЧС на производстве получения бутилкаучука. Опасные ситуации связаны чаще всего с дефектами оборудования, внезапными или приобретенными. Соответственно, необходимо оборудование на основе искусственного интеллекта, которое способно проводить удаленный мониторинг и прогнозирование возможных неполадок, которые повлекут за собой аварийную ситуацию. Способов прогнозирования и моделирования ситуаций, связанных с дефектами оборудования несколько. В разделе предложена разработка отечественного предприятия АО «РОТЕК», которая предлагает систему удалённой идентификации и прогнозирования развития зарождающихся дефектов объектов на основе искусственного интеллекта, нейронных сетей и методах статистического и математического моделирования.

4 Охрана труда

В разделе «составлен реестр профессиональных рисков и проведена идентификация опасностей в соответствии с «Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н» [13]. Реестр рисков аппаратчика формования синтетического каучука представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр рисков аппаратчика формования синтетического каучука

| Номер по Приказу | Опасность | ID | Опасное событие |
|------------------|---|------|---|
| 2 | «неприменение СИЗ или применение поврежденных, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам, выявленным опасностям, составу или уровню воздействия ОВПФ» [13]. | 2.1 | «травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных факторов, от которых защищают СИЗ» [13]. |
| 8 | «подвижные части машин и механизмов» [13]. | 8.1 | «удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования» [13]. |
| 9 | «вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [13]. | 9.1 | «отравление воздушными взвешиваемыми вредными химическими веществами в воздухе рабочей зоны» [13]. |
| | «воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ» [13]. | 9.3 | «заболевания кожи (дерматиты)» [13]. |
| | «образование токсичных паров при нагревании» [13]. | 9.5 | «отравление при вдыхании паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма и твердых веществ» [13]. |
| 13 | «материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру» [13]. | 13.1 | «ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [13]. |
| 20 | «повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [13]. | 20.1 | «повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [13]. |
| 21 | «воздействие локальной вибрации» [13]. | 21.1 | «воздействие локальной вибрации на руки работника» [13]. |
| 23 | «физические перегрузки» [13]. | 23.1 | «повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках» [13]. |

Реестр рисков аппаратчика балансовых установок представлен в таблице 5.

Таблица 5– Реестр рисков аппаратчика балансовых установок

| Номер по Приказу | Опасность | ID | Опасное событие |
|------------------|---|------|---|
| 2 | «неприменение СИЗ или применение поврежденных, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам, и выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [13]. | 2.1 | «травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных факторов, от которых защищают СИЗ» [13]. |
| 8 | «подвижные части машин и механизмов» [13]. | 8.1 | «удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования» [13]. |
| 9 | «вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [13]. | 9.1 | «отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны» [13]. |
| | «образование токсичных паров при нагревании» [13]. | 9.5 | «отравление при вдыхании паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма и твердых веществ» [13]. |
| 20 | «повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [13]. | 20.1 | «повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [13]. |
| 24 | «диспетчеризация процессов, связанная с длительной концентрацией внимания» [13]. | 24.4 | «психоэмоциональные перегрузки» [13]. |
| 27 | «электрический ток» [13]. | 27.1 | «контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением» [13]. |

Рассмотрим реестр рисков аппаратчика диспропорционирования (таблица 6).

Таблица 6 – Реестр рисков аппаратчика диспропорционирования

| Номер по Приказу | Опасность | ID | Опасное событие |
|------------------|--|------|---|
| 2 | «неприменение СИЗ или применение поврежденных, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам, опасностям, составу или уровню ОВПФ» [13]. | 2.1 | «травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных факторов, от которых защищают СИЗ» [13]. |
| 8 | «подвижные части машин и механизмов» [13]. | 8.1 | «удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования» [13]. |
| 9 | «вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [13]. | 9.1 | «отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны» [13]. |
| | «воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ» [13]. | 9.3 | «заболевания кожи (дерматиты)» [13]. |
| | «образование токсичных паров при нагревании» [13]. | 9.5 | «отравление при вдыхании паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, твердых веществ» [13]. |
| 13 | «материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру» [13]. | 13.1 | «ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [13]. |
| 20 | «повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [13]. | 20.1 | «повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [13]. |
| 21 | «воздействие локальной вибрации» [13]. | 21.1 | «воздействие локальной вибрации на руки работника» [13]. |
| 23 | «физические перегрузки» [13]. | 23.1 | «повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках» [13]. |

Произведем расчет количественного риска в соответствии с методикой, утвержденной Приказом №926 от 28.12.2021г [15].

$$R=A \cdot U, \quad (5)$$

где « R – риск,

A – степень вероятности,

U – тяжесть последствий» [15].

Степень вероятности A определим в соответствии с таблицей 7, тяжесть последствий U по таблице 8.

Таблица 7 – Оценка вероятности

| Степень вероятности | | Характеристика | Коэффициент, A |
|---------------------|---------------------|--|------------------|
| 1 | весьма маловероятно | – практически исключено; – зависит от следования инструкции. | 1 |
| 2 | маловероятно | – сложно представить, однако может произойти; – зависит от следования инструкции | 2 |
| 3 | возможно | – иногда может произойти; – зависит от обучения (квалификации). | 3 |
| 4 | вероятно | – зависит от случая, высокая степень возможности реализации; – часто слышим о подобных фактах; – периодически наблюдаемое событие. | 4 |
| 5 | весьма вероятно | – практически 100%; – регулярно наблюдаемое событие. | 5 |

Таблица 8 – Оценка степени тяжести последствий

| Тяжесть последствий | | Потенциальные последствия для людей | Коэффициент, U |
|---------------------|------------------|--|------------------|
| 5 | катастрофическая | – групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек); – несчастный случай на производстве со смертельным исходом; – авария; пожар. | 5 |
| 4 | крупная | – тяжелый несчастный случай на производстве; – (временная нетрудоспособность более 60 дней); – профессиональное заболевание; – инцидент с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. | 4 |
| 3 | значительная | – серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности | 3 |

Продолжение таблицы 8

| Тяжесть последствий | | Потенциальные последствия для людей | Коэффициент, U |
|---------------------|----------------|---|----------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> – продолжительностью до 60 дней; – инцидент | |
| 2 | незначительная | <ul style="list-style-type: none"> – незначительная травма - микротравма, оказана первая медицинская помощь – инцидент, – быстро потушенное загорание. | 2 |
| 1 | Приемлемая | <ul style="list-style-type: none"> – без травмы или заболевания; – незначительный, быстроустраняемый ущерб. | 1 |

Значимость оценки риска оценим по следующей шкале:»1 - 8 (низкий), 9 - 17 (средний), 18 - 25 (высокий)» [15]. Результаты идентификации представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты идентификации

| Рабочее место | Опасность (№) | Опасное событие (ID) | Степень вероятности, А | Коэффициент, А | Тяжесть последствий, U | Коэффициент, U | Оценка риска, R | Значимость оценки риска |
|--|---------------|----------------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|
| аппаратчик формирования синтетического каучука | 2 | 2.1 | весьма вероятно | 5 | крупная | 4 | 20 | высокий |
| | 8 | 8.1 | возможно | 3 | крупная | 4 | 12 | средний |
| | 9 | 9.1 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 9 | 9.3 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 9 | 9.5 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 13 | 13.1 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 20 | 20.1 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний |
| | 21 | 21.1 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний |
| 23 | 23.1 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний | |
| аппаратчик балансировочных установок | 2 | 2.1 | весьма вероятно | 5 | крупная | 4 | 20 | высокий |
| | 8 | 8.1 | вероятно | 4 | крупная | 4 | 16 | средний |
| | 9 | 9.1 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 9 | 9.5 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 20 | 20.1 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний |

Продолжение таблицы 9

| Рабочее место | Опасность (№) | Опасное событие (ID) | Степень вероятности, А | Коэффициент, А | Тяжесть последствий, U | Коэффициент, U | Оценка риска, R | Значимость оценки риска |
|----------------------------------|---------------|----------------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|
| | 24 | 24.4 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний |
| | 27 | 27.1 | возможно | 3 | катастрофическая | 5 | 16 | средний |
| аппаратчик диспропорционирования | 2 | 2.1 | весьма вероятно | 5 | крупная | 4 | 20 | высокий |
| | 8 | 8.1 | возможно | 3 | крупная | 4 | 12 | средний |
| | 9 | 9.1 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 9 | 9.3 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 9 | 9.5 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 13 | 13.1 | вероятно | 4 | значительная | 3 | 12 | средний |
| | 20 | 20.1 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний |
| | 21 | 21.1 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний |
| | 23 | 23.1 | возможно | 3 | значительная | 3 | 9 | средний |

Определим мероприятие по устранению выявленных рисков (таблица 10).

Таблица 10 – Мероприятия по улучшению условий и охраны

| Рабочее место | Опасное событие (ID) | Мероприятие |
|--|----------------------|---|
| аппаратчик формования синтетического каучука, аппаратчик балансировочных установок, аппаратчик диспропорционирования | 2 | «2.2.1 Применение СИЗ соответствующего вида и способа защиты. Выдача СИЗ соответствующего типа в зависимости от вида опасности» [13]. |

Выводы: в разделе составлен реестр рисков и проведена идентификация опасностей для работников, участвующих в технологическом процессе получения бутилкаучука: аппаратчик формования синтетического каучука, аппаратчик балансировочных установок, аппаратчик диспропорционирования. Выявлено, что высокий уровень рисков присутствует при неиспользовании СИЗ. По итогу анализа определено мероприятие по устранению выявленных рисков.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Производство каучука оказывает негативное влияние на окружающую среду, так как выбрасывает в атмосферу загрязняющие вещества, такие как акрилонитрил и бутадиен. Это может привести к раздражению кожи и слизистых оболочек, а также к проблемам с дыханием. Антропогенная нагрузка на окружающую среду является одним из основных факторов, влияющих на здоровье человека и состояние экосистем. Рассмотрим воздействие на окружающую среду (таблица 11).

Таблица 11 – Антропогенная нагрузка

| Наименование объекта | Подразделение | Воздействие на атмосферный воздух | Воздействие на водные объекты | Отходы |
|----------------------|---------------------------|--|---|---|
| ООО «Гольяттикаучук» | производство бутилкаучука | азота оксид (азот монооксид), диоксид углерода, монооксид углерода, отдувочные газы, диоксид серы, акрилонитрил и бутадиен | нефтепродукты, тяжелые металлы, сульфаты, фенол, лейканол, органические соединения, химические вещества и растворители. | отходы производства синтетического каучука в первичных формах, отходы каучука при производстве каучуков изопреновых |
| Количество в год | | 0,2 тыс.тонн | 0,2 тыс.тонн | 0,2 тыс.тонн |

Компания активно работает над снижением негативного воздействия на окружающую среду, внедряя новые технологии и оборудование, а также проводя мероприятия по очистке сточных вод и утилизации отходов производства.

В таблице 12 проведен анализ соответствия технологий наилучшим доступным.

Таблица 12 – Сведения о применяемых на объекте технологиях

| Структурное подразделение | | Наименование технологии | Соответствие |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------|
| Номер | Наименование | | |
| 1 | производство бутилкаучука | адсорбция, абсорбция | соответствует |
| 2 | | коагуляция и флокуляция | соответствует |

В таблице 13 представлен перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов (Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2023 № 2909-р) [11].

Таблица 13 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

| Наименование загрязняющего вещества |
|-------------------------------------|
| азота оксид |
| серы диоксид |

Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха

| Подразделение | Источник | | Загрязняющее вещество | ПДВ, мг/м ³ | Фактический выброс, г/с | Превышение ПДВ в раз | Дата отбора проб | Общее кол-во случаев превышения ПДВ | Примечание |
|------------------------------|----------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------|------------|
| | Номер | Наименование | | | | | | | |
| производство бутилкаучука | 1, 2 | адсорбция, абсорбция, | азота оксид | 0,2 | 0,15 | - | 30.01.2024 | - | - |
| | | коагуляция и флокуляция | серы диоксид | 0,2 | 0,15 | - | 30.01.2024 | - | - |

Результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений

| Тип очистного сооружения | Год ввода в эксплуатацию | Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии | Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год | | | Наименование загрязняющего вещества | Дата контроля (дата отбора проб) | Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³ | | | Эффективность очистки сточных вод, % | |
|--------------------------|--------------------------|---|---|---|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|--|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | Проектный | Допустимый, в соответствии с разрешительным документом на пользование водным объектом | Фактический | | | Проектное | Допустимое, в соответствии с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты | Фактическое | Проектная | Фактическая |
| физико-химический | 2019 | снижение концентрации опасных веществ до норм предельно допустимой концентрации | 1,8 | 2,0 | 0,7 | нефтепродукт | 10.04.2024 | 1,6 | 2,0 | 0,7 | 99 | 99 |
| | | | 1,8 | 1,5 | 0,7 | сульфат-ионы | 01.02.2024 | 2,0 | 2,0 | 0,7 | 99 | 99 |

Производство бутылкачука может оказывать воздействие на водные источники, так как процесс включает использование различных химических веществ и растворителей. ПЭК производится для обеспечения соблюдения экологических норм и правил, а также для мониторинга состояния окружающей среды и оценки воздействия деятельности предприятий на окружающую среду. Результаты производственного контроля в области обращения с отходами представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления

| Наименование видов отходов | Код по ФККО | Класс опасности отходов | Наличие отходов на начало года, тонн | | Образовано отходов, тонн | Получено отходов от других ИП и юридических лиц, тонн | Утилизировано отходов, тонн | Обезврежено отходов, тонн |
|---|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------|
| | | | Хранение | Накопление | | | | |
| отходы производства бутылкаучука | 3 16 020 00 00 4 | 4 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | - | - | - |
| отходы каучука при производстве каучуковых изопреновых | 316124 11204 | 4 | - | 0,1 | 0,1 | - | - | - |
| Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн | | | | | | | | |
| Всего | для обработки | для утилизации | для обезвреживания | | для хранения | для захоронения | | |
| 0,1 | 0,1 | - | - | | - | - | | |
| 0,1 | 0,1 | - | - | | - | - | | |
| Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн | | | | | | Наличие отходов на конец года, тонн | | |
| Всего | Хранение на собственных ОРО | Захоронение на собственных ОРО | Хранение на сторонних ОРО | Захоронение на сторонних ОРО | Хранение | Накопление | | |
| 0,01 | - | - | - | 0,01 | - | - | | |

Выводы: в разделе определена антропогенная нагрузка предприятия при производстве бутылкаучуков и представлены результаты ПЭК.

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

К вероятным аварийным и чрезвычайным ситуациям в процессе получения бутилкаучука относятся: пожары и возгорания, взрывы и разгерметизация оборудования, разлив химических веществ.

Категория взрывопожароопасной и пожарной опасности помещений и зданий, в которых осуществляется технологический процесс получения каучука, в соответствии со статьей 27, Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ, относится к классу Д [23].

Бутилкаучук обладает хорошими амортизирующими характеристиками и низкой влаго- и газопроницаемостью, устойчив к нагреву, старению, атмосферным воздействиям, озону, химическому воздействию, изгибу, истиранию и разрыву. Бутилкаучук также имеет высокую температуру воспламенения и не поддерживает горение при отсутствии источника огня. Каучук не является пожароопасным веществом, но при определенных условиях может возникнуть пожар или взрыв. Каучук может подвергаться горению, но это требует определенных условий, таких как наличие источника тепла и кислорода. При горении разбрызгиваются горящие капли; к химическому и микробиологическому самовозгоранию не склонен. Однако, при правильном обращении и соблюдении правил безопасности, каучук не представляет серьезной пожарной опасности.

Для предупреждения развития аварийных ситуаций технологические производства ООО «Тольяттикаучук» оснащены системой мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. СМИС обеспечивает решение следующих задач:

- мониторинг в режиме реального времени критически важных для безопасности персонала, населения и окружающей среды параметров технологических систем;

- информирование в режиме реального времени персонала ДДС предприятия и ЕДДС г. Тольятти о предаварийном и аварийном состоянии технологических систем;
- обеспечение персонала ДДС предприятия и ЕДДС г. Тольятти информацией, необходимой для своевременного принятия эффективных мер, направленных на поддержание нормального работы технологических систем;
- предупреждение развитие и локализация ЧС с целью снизить людские и материальные потери;
- обеспечение через ЕДДС г. Тольятти и соответствующих служб, и подразделений информацией, необходимой для проведения аварийно-спасательных работ и ликвидации последствий ЧС;
- формирование и передача формализованных сообщений об инцидентах, авариях, террористических проявлениях в ДДС и ЕДДС г. Тольятти.

Ближайшая пожарная часть ФГБУ 4 отряд федеральной противопожарной службы государственной противопожарной службы по Самарской области, Пожарная часть №28, находится по адресу: г. Тольятти, Новозаводская, 31. В случае возникновения ЧС, среднее время прибытия подразделений МЧС – 2 минуты.

Ближайшая подстанция скорой медицинской помощи располагается по адресу: ул. Жилина, 29.

В случае возникновения ЧС, Руководителем ликвидации является руководитель объекта, на котором произошла ЧС. Должностной состав объектового звена ТП РСЧС включает в себя начальника отдела ГО и ЧС, инженера по промышленной безопасности, пожарной безопасности, медицинского работника и других специалистов, необходимых для ликвидации ЧС, в соответствии с Приказом МЧС России № 999 от 23.12.2005 [14].

АСС объекта состоит из специалистов, имеющих опыт работы в области безопасности и защиты населения от ЧС, и является подразделением, которое занимается ликвидацией последствий ЧС на территории объекта. АСС объекта является самостоятельным подразделением из числа сотрудников и входит в состав более крупной городской АСС [6].

В задачи эвакуационной комиссии, которая сформирована приказом по производству, входит планирование и организация эвакуации людей. Комиссия также отвечает за подготовку необходимых документов и инструктажей для персонала. Для организации эвакуационной комиссии необходимо создать штаб, который будет координировать работу всех подразделений и служб в случае ЧС. В состав штаба должны входить представители администрации, специалисты по безопасности, медицинские работники и другие специалисты, необходимые для обеспечения эффективной эвакуации. Порядок оповещения населения об угрозе ЧС зависит от конкретной ситуации и степени опасности. Оповещение осуществляется через местные СМИ, радио и телевидение, через мобильные приложения и интернет. Важно обеспечить своевременное и точное информирование населения об угрозе, чтобы люди могли принять необходимые меры для своей безопасности.

При угрозе и возникновении ЧС необходимо эвакуировать людей в пункты ПВР [9]. В таблице представлен перечень ПВР для персонала объекта (таблица 17) [22].

Таблица 17 – Таблица ПВР

| Номер ПВР | Наименование организаций (учреждений), развертывающих ПВР | Адрес расположения, телефон | Количество предоставляемых мест | |
|-----------|---|--------------------------------|---------------------------------|------------|
| | | | Посадочных мест | Койко-мест |
| 1 | МБОУ школа №1 | ул. Мира, 121, р.т. 2-26-80-93 | 240 | 145/20 |

Продолжение таблицы 17

| Номер ПВР | Наименование организаций (учреждений), развертывающих ПВР | Адрес расположения, телефон | Количество предоставляемых мест | |
|-----------|---|---------------------------------------|---------------------------------|------------|
| | | | Посадочных мест | Койко-мест |
| 24 | МБОУ школа №21 | ул. 50 лет октября, 23, р.т. 22-69-01 | 180 | 145/20 |
| 62 | МБОУ школа №1 | ул. Банькина, 44, р.т. 26-16-94 | 157 | 145/15 |

Маршрут эвакуации до ближайших ПВР составит ориентировочно 5 километров. По времени это составит в среднем 10 минут. Разработаем план мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта (таблица 18).

Таблица 18 – Перечень основных мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта

| Наименование подразделения (службы) объекта | Должность исполнителя | Действия при ЧС |
|---|-----------------------|---|
| администрация | руководитель | дает оценку ситуации и определяет тип ЧС; оповещает соответствующие службы и органы власти; руководит организацией эвакуации людей; обеспечивает медицинскую помощь пострадавшим; принимает меры по локализации и ликвидации последствий ЧС; проводит анализ причин возникновения ЧС и разрабатывает мероприятия по предотвращению подобных ситуаций в будущем [13]. |
| КЧС и ПБ | руководитель КЧС и ПБ | оповещение и информирование населения о возникшей ЧС; организация эвакуации людей из зоны ЧС; оказание медицинской помощи пострадавшим; принятие мер по ликвидации последствий ЧС; проведение анализа причин возникновения ЧС; разработка мер по предотвращению подобных ЧС в будущем; доклад руководителю организации предложения по решению предстоящих АСР, очередность их проведения и состав имеющихся сил [13]. |

Продолжение таблицы 18

| Наименование подразделения (службы) объекта | Должность исполнителя | Действия при ЧС |
|--|---|---|
| отдел ГО и ЧС | инженер по ГО и ЧС, уполномоченный работник ГО и ЧС | «организация и контроль разработки и исполнение мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС; организация работы по поддержанию постоянной готовности технических систем управления, оповещения и связи пунктов управления системы ГО и ЧС; организация эвакуации населения из зоны ЧС, оказание медицинской помощи пострадавшим; принятие мер по ликвидации последствий ЧС» [13]. |
| ДДС | дежурный диспетчер | получение информации о возникновении ЧС; передача информации соответствующим службам и органам власти; оповещение населения о ЧС; организация эвакуации населения; оказание помощи пострадавшим [13]. |
| цех И-6 по производству изопренового каучука | руководитель | «организует и контролирует исполнение мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в организации, по эвакуации работников в ПВР» [13]. |

Работники при аварии на производстве бутылкаучука должны: незамедлительно известить своего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, и о каждом несчастном случае; принять все возможные меры для оказания помощи пострадавшим и их эвакуации в безопасное место; сообщить по телефонам служб спасения о месте аварии; принять меры по отключению электроснабжения и остановке технологического оборудования, при необходимости используя средства защиты; организовать встречу прибывающих подразделений МЧС и других аварийно-спасательных служб. К основным мероприятиям, выполняемыми службами и должностными лицами объекта относятся: оповещение персонала о возникновении ЧС, организация эвакуации персонала из опасной зоны, обеспечение защиты персонала от воздействия опасных факторов ЧС, оказание первой помощи пострадавшим, проведение мероприятий по

локализации и ликвидации последствий ЧС, взаимодействие с экстренными службами и органами власти, организация жизнеобеспечения персонала после ЧС.

Средствами защиты являются: фильтрующий промышленный противогаз марки ДОТ-600, шланговый противогаз ПШ-1, ПШ-2, защитные очки или маска и щитки из оргстекла, рукавицы из кислотостойких тканей.

При возникновении ЧС необходимо использовать специальную защитную одежду, такую как комбинезоны, перчатки, сапоги и защитные очки. Также необходимо использовать респираторы для защиты органов дыхания от вредных паров и газов. В случае аварии необходимо немедленно покинуть зону аварии, следуя указаниям аварийных служб [12].

Выводы: в разделе описаны вероятные ЧС при производстве бутилкаучука. Для предупреждения развития аварийных ситуаций в организации разработаны мероприятия по предупреждению и ликвидации ЧС, а также представлен перечень основных мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

План мероприятий по обеспечению промышленной безопасности представлен в таблице 19.

Таблица 19 – План мероприятий по обеспечению промышленной безопасности

| Наименование структурного подразделения, рабочего места | Наименование мероприятия | Цель мероприятия | Срок выполнения | Источник финансирования |
|---|--|---|---------------------|-------------------------|
| производство бутилкаучука | разработка системы прогнозирования и моделирования дефектов оборудования | прогнозирование и моделирование дефектов оборудования на основе | 4 квартал 2024 года | ООО «Тольяттикаучук» |
| | устройство системы прогнозирования и моделирования дефектов оборудования | искусственного интеллекта с целью предупреждения инцидентов | 4 квартал 2024 года | |

Смета затрат на финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Смета затрат

| Наименование статьи затрат | Единицы измерения | Количество | Цена за ед., руб. | Стоимость, руб. |
|--|-------------------|------------|-------------------|-----------------|
| разработка системы прогнозирования и моделирования дефектов оборудования | ед. | 1 | 250 000 | 250 000 |
| устройство системы прогнозирования и моделирования дефектов оборудования | ед. | 1 | 250 000 | 250 000 |
| Итого, руб.: | | | | 500 000 |

«Перечень видов расходов, связанных с соблюдением обязательных требований, установленных ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в целях пункта 3.5 статьи 343.2 Налогового Кодекса РФ» [1], [4]. Перечень утвержден распоряжением Правительства РФ от 30 октября 2021 г. № 3092-р [2]. Данные для расчета представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчетные данные

| Наименование показателя | Усл. обознач. | Ед измер. | Значения показателя |
|---|---------------|-----------|---------------------|
| остаточная стоимость уничтоженных основных фондов | Soi | руб. | 500 000 |
| утилизационная стоимость материальных ценностей | Syi | руб. | 100 000 |
| стоимость ремонта и восстановления поврежденных основных фондов | Spі | руб. | 600 000 |
| стоимость материальных ценностей i-го вида, годных для дальнейшего использования | Smi | руб. | 300 000 |
| число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии | n | ед. | 1 |
| ущерб, причиненный продукции предприятия | Пti | руб. | 500 000 |
| ущерб, причиненный сырью и материалам | Пcj | руб. | 400 000 |
| расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии | Пл | руб. | 500 000 |
| расходы на расследование аварии | Пр | руб. | 100 000 |
| убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней | Пш | руб. | 100 000 |
| потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности | Пв.т.р | руб. | 300 000 |
| убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб. | Пн.п.т.л. | руб. | 200 000 |
| социально-экономические потери | Псэ | руб. | 100 000 |
| расходы по выплате пособий на погребение погибших | Спог | руб. | 200 000 |
| расходы на выплату пособий в случае смерти кормильца | Сп.к. | руб. | 200 000 |
| расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности | Св | руб. | 200 000 |
| заработная плата сотрудников предприятия | Вз.п. | руб./день | 1 000 000 |
| доля сотрудников, не использованных на работе | А | % | 20 |
| условно-постоянные расходы | Вы.п. | руб./день | 100 000 |
| продолжительность простоя объекта | Тпр | дни | 7 |

Продолжение таблицы 21

| Наименование показателя | Усл. обознач. | Ед измер. | Значения показателя |
|---|---------------|-----------|---------------------|
| объем <i>i</i> -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии | ΔQi | | 20 |
| средняя оптовая стоимость единицы <i>i</i> -го недопроизведенного продукта на дату аварии | Si | руб. | 100 000 |
| средняя себестоимость единицы <i>i</i> -го недопроизведенного продукта на дату аварии | Vi | руб. | 80 000 |
| Ущерб от загрязнения атмосферы | Эа | руб. | 200 000 |
| Ущерб от загрязнения водных ресурсов | Эв | руб. | 200 000 |
| Ущерб от загрязнения почвы | Эп | руб. | 200 000 |
| Текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования | С | руб. | 500 000 |
| Инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности | К | руб. | 500 000 |
| Нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений | Ен | | 0,16 |

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах:

$$P_a = P_{п.п.} + P_{сэ} + P_{н.в.} + P_{экол} + P_{л.а.} + P_{в.т.р.}, \quad (6)$$

где « P_a – полный ущерб от аварий, руб.;

« $P_{п.п.}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{сэ}$ – социально-экономические потери, руб.;

$P_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ – экологический ущерб, руб.;

$P_{л.а.}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$P_{в.т.р.}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.» [24].

Прямые потери от аварий:

$$P_{п.п.} = P_{о.ф.} + P_{тм.ц}, \quad (7)$$

где « $P_{o.f.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$P_{т.м.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.;

$P_{им}$ – потери в результате уничтожения или повреждения имущества третьих лиц, руб.» [24].

«Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов» [24]:

$$P_{o.f.} = P_{o.f.y.} + P_{o.f.n.}, \quad (8)$$

где « $P_{o.f.y.}$ – потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$P_{o.f.n.}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.» [24].

«Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов» [24]:

$$P_{o.f.y.} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (9)$$

где « n – число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.» [24].

$$P_{o.f.y.} = \sum_{i=1}^n (500\,000 - (300\,000 - 100\,000)) = 300\,000 \text{ руб.}$$

«Потери предприятия в результате повреждения основных фондов» [24]:

$$П_{о.ф.п.} = \sum_{i=1}^n S_{pi} , \quad (10)$$

где « n – число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.» [24].

$$П_{о.ф.п.} = 600\,000 \text{ руб.}$$

$$П_{о.ф.} = 300\,000 + 600\,000 = 900\,000 \text{ руб.}$$

«Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей» [24]:

$$П_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n П_{ti} + \sum_{j=1}^m П_{cj} , \quad (11)$$

где « n – число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

$П_{ti}$ – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

$П_{cj}$ – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.» [24].

$$П_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n 500\,000 + \sum_{j=1}^m 400\,000 = 900\,000 \text{ руб.}$$

$$П_{п.п.} = 800\,000 + 900\,000 = 1\,700\,000 \text{ руб. ,}$$

«Социально-экономические потери» [24]:

$$П_{сэ} = П_{г.п.} + П_{т.п.} , \quad (12)$$

где « $П_{г.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала, руб.;

$П_{т.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие производственного травматизма персонала, руб.» [24].

«Затраты, связанные с гибелью персонала» [24]:

$$П_{г.п.} = S_{пог} + S_{п.к.} , \quad (13)$$

где « $S_{пог}$ – расходы по выплате пособий на погребение погибших, руб.;

$S_{п.к.}$ – расходы на выплату пособий в случае смерти кормильца, руб.» [24].

$$П_{г.п.} = 200\ 000 + 200\ 000 = 400\ 000 \text{ руб.}$$

«Затраты, связанные с травмированием персонала» [27]:

$$П_{т.п.} = S_{в} , \quad (14)$$

где « $S_{в}$ – расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности, руб.» [24].

$$П_{т.п.} = 200\ 000 \text{ руб.}$$

$$П_{сэ} = 400\ 000 + 200\ 000 = 600\ 000 \text{ руб.}$$

«Косвенный ущерб вследствие аварий» [24]:

$$П_{н.в.} = П_{н.п.} + П_{з.п.} + П_{ш} + П_{н.п.т.л.} , \quad (15)$$

где « $П_{н.п.}$ – часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$P_{з.п.}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$P_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней, руб.;

$P_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.» [24].

«Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя» [24]:

$$P_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \quad (16)$$

где « $V_{з.п.}$ – заработная плата сотрудников предприятия, руб/день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$ – условно-постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [24].

$$P_{з.п.} = (1000\ 000 \cdot 20\% + 100\ 000) \cdot 7 = 2\ 100\ 000 \text{ руб.}$$

Недополученная прибыль в результате простоя:

$$P_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (17)$$

где « n – количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии» [24].

$$P_{н.п.} = \sum_{i=0}^n 20 \cdot (100 - 80) = 400 \text{ руб.}$$

$$P_{н.в.} = 400 + 2\ 100\ 000 + 100\ 000 + 200\ 000 = 2\ 400\ 400 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб:

$$P_{\text{экол}} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_v + \mathcal{E}_п, \quad (18)$$

где « \mathcal{E}_a – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.;

\mathcal{E}_v – ущерб от загрязнения водных ресурсов;

$\mathcal{E}_п$ – ущерб от загрязнения почвы» [24].

$$P_{\text{экол}} = 200\,000 + 200\,000 + 200\,000 = 600\,000 \text{ руб.}$$

«Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии»
[24]:

$$P_{\text{л.а.}} = P_{\text{л}} + P_{\text{р}}, \quad (19)$$

где « $P_{\text{л}}$ – расходы по локализации и ликвидации аварии, руб.;

$P_{\text{р}}$ – расходы на расследование аварии, руб.» [24].

$$P_{\text{л.а.}} = 500\,000 + 100\,000 = 600\,000 \text{ руб.}$$

$$P_a = 1\,700\,000 + 100\,000 + 2\,400\,400 + 600\,000 + 600\,000 + 300\,000 = 5\,700\,400 \text{ руб.}$$

Согласно расчету, ущерб от аварий на ОПО составляет 5 400 400 руб.

«Рассчитаем годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности» [24]:

$$\mathcal{E} = П - З, \quad (20)$$

где « $З$ – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

$П$ - ущерб от аварий, руб.» [24].

Приведенные затраты:

$$З = С + E_n \cdot K, \quad (21)$$

где «С – текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

К – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [24].

$$З = 500\,000 + 0,16 \cdot 400\,000 = 564\,000 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{Э} = 5\,800\,400 - 564\,000 = 5\,236\,400 \text{ руб.}$$

«Общая экономическая эффективность приведенных затрат» [24]:

$$\mathcal{Э}_з = \mathcal{Э} / З \quad (22)$$

$$\mathcal{Э}_з = \frac{5\,236\,400}{580\,000} = 9,0$$

«Общая экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности» [24]:

$$\mathcal{Э}_к = (\mathcal{Э} - С) / K. \quad (23)$$

$$\mathcal{Э}_к = \frac{5\,700\,400}{500\,000} = 11,4$$

«Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности» [24]:

$$T_{ед} = \frac{З}{\mathcal{Э}_з} \quad (24)$$

где « $T_{ед}$ – срок окупаемости приведенных затрат, год;

Z – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

\mathcal{E} - годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [24].

$$T_{ед} = \frac{564\,000}{523\,640} = 1,0$$

Выводы: в разделе произведен расчет эффективности предложенной системы прогнозирования и моделирования дефектов оборудования на основе искусственного интеллекта. Срок окупаемости предложенного мероприятия составит 1 год.

Заключение

В первом разделе представлен анализ правового регулирования по обеспечению промышленной безопасности на выбранном объекте. Представлена краткая характеристика объекта ООО «Тольяттикаучук», его виды хозяйственной деятельности. Выявлено, что объект носит к первой категории опасности. Рассмотрен технологический процесс получения бутилкаучука, описано используемое оборудование и материалы. Для обеспечения безопасности технологического процесса необходимо прогнозирование вероятных аварийных ситуаций с целью выявления вероятных рисков и готовности персонала для предотвращения либо ликвидации ЧС. С этой целью в разделе проведен анализ моделей и методов оценки опасных ситуаций.

Во втором разделе проведен анализ сценариев аварийных ситуаций и травматизма на стадии получения каучука. Приведены статистические данные об авариях и указаны основные причины аварий и инцидентов на предприятии. Установлены причины и факторы возникновения опасных ситуаций на предприятии. Выявлены виды аварий и травматизма. Произведен расчет степени и частоты травматизма, а также показана динамика.

В третьем разделе составлена матрица рисков для техпроцесса получения бутилкаучука. Разработан реестр опасных ситуаций, которые могут возникнуть при реализации риска. Смоделированы несколько исходов развития опасной ситуации. Таким образом, разработанная матрица, реестр рисков и сценарный план развития ситуаций позволит спрогнозировать и смоделировать вероятные ЧС на производстве получения бутилкаучука. Опасные ситуации связаны чаще всего с дефектами оборудования, внезапными или приобретенными. Соответственно, необходимо оборудование на основе искусственного интеллекта, которое способно проводить удаленный мониторинг и прогнозирование возможных неполадок, которые повлекут за собой аварийную ситуацию. Способов прогнозирования

и моделирования ситуаций, связанных с дефектами оборудования несколько. В разделе предложена разработка отечественного предприятия АО «РОТЕК», которая предлагает систему удалённой идентификации и прогнозирования развития зарождающихся дефектов объектов на основе искусственного интеллекта, нейронных сетей и методах статистического и математического моделирования.

В четвёртом разделе составлен реестр рисков и проведена идентификация опасностей для работников, участвующих в технологическом процессе получения бутилкаучука: аппаратчик формования синтетического каучука, аппаратчик балансовых установок, аппаратчик диспропорционирования. Выявлено, что высокий уровень рисков присутствует при неиспользовании СИЗ. По итогу анализа определено мероприятие по устранению выявленных рисков.

В пятом разделе определена антропогенная нагрузка предприятия при производстве бутилкаучуков и представлены результаты ПЭК.

В шестом разделе описаны вероятные ЧС при производстве бутилкаучука. Для предупреждения развития аварийных ситуаций в организации разработаны мероприятия по предупреждению и ликвидации ЧС, а также представлен перечень основных мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта.

В седьмом разделе произведен расчет эффективности предложенной системы прогнозирования и моделирования дефектов оборудования на основе искусственного интеллекта. Срок окупаемости предложенного мероприятия составит 1 год.

Список используемой литературы

1 Налоговый кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон № 117-ФЗ (часть вторая) от 05.08.2000 г. (ред. от 23.03.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 26.03.2024). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/ (дата обращения: 01.05.2024).

2 Наумов С.А., Крымский А.В., Лифшиц М.В. Способ и система удалённой идентификации и прогнозирования развития зарождающихся дефектов объектов [Электронный ресурс] : Заявка: 2018115925, 27.04.2018. URL: <https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=7d46041d0bbe0e325b607fcc44c7251> (дата обращения: 01.05.2024).

3 О мерах по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 28.03.2001 № 241 (ред. от 04.02.2011). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=69927&ysclid=luv618lfr579871790> (дата обращения: 01.05.2024).

4 О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 14.11.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 01.05.2024).

5 О расчетах массы аварийного выброса и показателей риска при различных аварийных ситуациях [Электронный ресурс] : Письмо Ростехнадзора от 25.07.2016 № 14-00-10/1368. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_340598/ (дата обращения: 01.05.2024).

6 Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.08.1995 № 151-ФЗ (ред. от 14.07.2022). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7746/ (дата обращения: 01.05.2024).

7 Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 18.12.2020 № 2168 (вместе с «Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности»). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=379394&ysclid=1uv677e1ge902806302> (дата обращения: 01.05.2024).

8 Об основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу [Электронный ресурс] : Указ Президента РФ от 06.05.2018 № 198. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43022> (дата обращения: 01.05.2024).

9 Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 05.07.2021 № 429 (Зарегистрировано в Минюсте России 16.09.2021 № 65025). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_395571/ (дата обращения: 01.05.2024).

10 Об утверждении перечня видов расходов, связанных с соблюдением обязательных требований, установленных Федеральным законом «Об охране окружающей среды» и Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 30.10.2021 № 3092-р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399905/ (дата обращения: 01.05.2024).

11 Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области

охраны окружающей среды и признании утратившими силу некоторых Постановлений Правительства РФ [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2023 № 2909-р (ред. от 23.12.2023). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=463555&ysclid=1u8306kq79504235245> (дата обращения: 01.05.2024).

12 Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 01.10.2014 № 543 (ред. от 31.07.2017) (Зарегистрировано в Минюсте России 02.03.2015 № 36320). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_176058/ (дата обращения: 01.05.2024).

13 Об утверждении Порядка создания нештатных аварийно-спасательных формирований [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 23.12.2005 № 999 (ред. от 23.12.2022) (Зарегистрировано в Минюсте России 19.01.2006 № 7383). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57986/ (дата обращения: 01.05.2024).

14 Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2021 № 66318). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_403335/ (дата обращения: 01.05.2024).

15 Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_406016/ (дата обращения: 01.05.2024).

16 Об утверждении требований к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 17.08.2020 № 1243 (ред. от 30.06.2021).

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=401639&ysclid=1uv8v8hf1889076757> (дата обращения: 01.05.2024).

17 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов» [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 07.12.2020 № 500 (Зарегистрировано в Минюсте России 22.12.2020 № 61706). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372180/ (дата обращения: 01.05.2024).

18 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 (Зарегистрировано в Минюсте России 25.12.2020 № 61808). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372396/ (дата обращения: 01.05.2024).

19 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 536 (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2020 № 61998). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373204/ (дата обращения: 01.05.2024).

20 ООО «Тольяттикаучук» [Электронный ресурс] : Официальный сайт. URL: <https://togliatti.tatneft.ru/> (дата обращения: 01.05.2024).

21 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда (введен в действие Приказом Росстандарта от 09.06.2016 № 602-ст). URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200136071?ysclid=lvzgibeebt450537033> (дата обращения: 01.05.2024).

22 Постановление Администрации городского округа Тольятти Самарской области от 14.7.2023 № 2254-п/1 «О звене городского округа Тольятти территориальной подсистемы Самарской области единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», г. Тольятти, 2023. 29 с.

23 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 01.05.2024).

24 Фрезе Т.Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск.

25 Abbasi S.A. P. Forecasting and modeling of dangerous situations in chemical production // International Journal of Engineering and Mathematical Sciences. Vol.6. P. 78–81.

26 Abdolhamidzadeh B., Rashtchian D., Abbasi T., and Abbasi, S. A. Methods of mathematical and statistical analysis for the development of a system for predicting dangerous situations // International Journal of Engineering and Mathematical Sciences. 2020. Vol.1. P. 211–218.

27 Khan F.I. Aspects of intelligent systems and neural systems on the guard of industrial safety of chemically hazardous enterprises // International Journal of Engineering and Mathematical Sciences. 2020. Vol.6. P. 78–81.

28 Tauseef S.M. A critical assessment of available software for forecasting the impact of accidents in chemical process industry // International Journal of Engineering and Mathematical Sciences. 2021. Vol.3. P. 15–25.

29 Vasanth S. Butyl rubber production: dangerous incidents for workers and the environment // International Journal of Engineering and Mathematical Sciences. 2022. Vol.8. P. 115–121.